

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-285640

(43)Date of publication of application : 12.10.2001

(51)Int.Cl.

H04N 1/409
G06T 5/00

(21)Application number : 2000-098872

(71)Applicant : FUJI PHOTO FILM CO LTD

(22)Date of filing : 31.03.2000

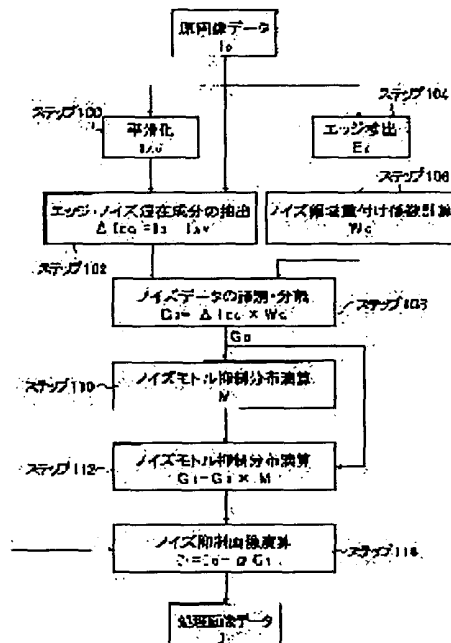
(72)Inventor : NAGAO KIMITOSHI

(54) IMAGE PROCESSING METHOD, IMAGE PROCESSING APPARATUS AND RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an image processing method, an image processing apparatus and a computer readable/writable recording medium for suppressing noise in a digital image without causing an unpleasant unevenness due to the noise or an unnatural artifact or the like.

SOLUTION: Smoothing and edge detection are applied to original image data, the edge and noise intermingled image data of an object are found from the obtained smoothed image data, a noise weighting coefficient is obtained from edge emphasis data obtained by the edge detection, noise data are obtained from the weighting coefficient and the intermingled image data, a noise suppression distribution function denoting the spread of noise suppression is set, convolution integral is applied to this function and the noise data to calculate the noise suppression distribution, a noise suppression component is obtained by multiplying the noise suppression distribution by the noise data and the component is magnified and subtracted from the original image to obtain processed image data so as to solve the problems above.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-285640

(P 2 0 0 1 - 2 8 5 6 4 0 A)

(43) 公開日 平成13年10月12日 (2001. 10. 12)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H04N 1/409		G06T 5/00	300 5B057
G06T 5/00	300	H04N 1/40	101 C 5C077

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全14頁)

(21) 出願番号 特願2000-98872 (P 2000-98872)

(22) 出願日 平成12年 3 月 31 日 (2000. 3. 31)

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(72) 発明者 長尾 公俊

神奈川県南足柄市中沼210番地 富士写真
フイルム株式会社内

(74) 代理人 100080159

弁理士 渡辺 望稔

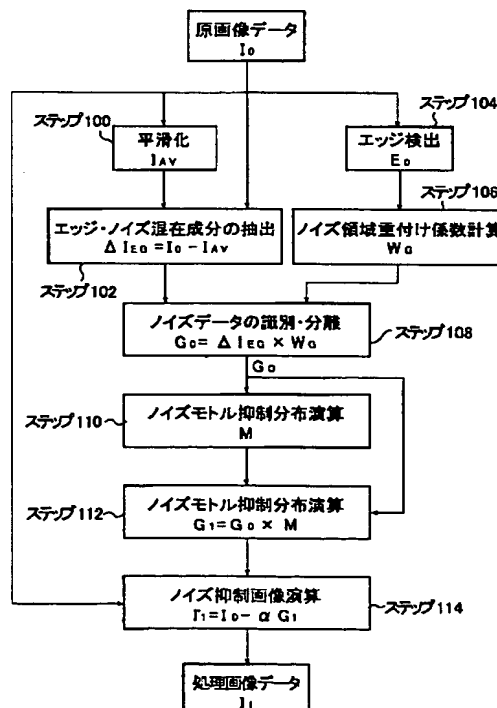
Fターム(参考) 5B057 CA01 CB01 CE02 CE05 DA20
DB06 DC165C077 LL02 LL19 PP02 PP47 PP48
PQ12 PQ18

(54) 【発明の名称】 画像処理方法、画像処理装置および記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 ノイズによる不快なむらや不自然なアーチファクト等を生じさせず、ノイズを抑制するデジタル画像のノイズ抑制のための画像処理方法、装置およびコンピュータに読み書き可能な記録媒体の提供を課題とする。

【解決手段】 原画像データに対し、平滑化、エッジ検出を行い、得られた平滑化画像データから被写体のエッジとノイズの混在画像データを求め、エッジ検出で求めたエッジ強度データからノイズの重み付け係数を得、この重み付け係数と前記混在画像データとからノイズデータを求め、一方、ノイズ抑制の広がりを表すノイズ抑制分布関数を設定し、この関数と上記ノイズデータとの畳み込み積分を行いノイズ抑制分布を算出し、さらに、ノイズ抑制分布に上記ノイズデータを掛けてノイズ抑制成分を求め、この成分を変倍して原画像データから減算して処理画像データを得ることで前記課題を解決する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成し、

前記原画像データから前記平滑化画像データを減算して、被写体画像のエッジとノイズとが混在する混在画像データを作成し、

前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域とノイズ領域を識別するためのエッジ強度データを求め、

このエッジ強度データからノイズ領域の度合いを示すノイズ領域の重み付け係数を求め、

前記混在画像データに、前記ノイズ領域の重み付け係数を乗じて、ノイズデータを求め、

原画像データにおけるノイズ抑制の広がりを表すノイズ抑制分布関数を設定し、前記ノイズデータとこのノイズ抑制分布関数との畳み込み積分を行ってノイズ抑制分布を求め、

前記ノイズデータに前記ノイズ抑制分布を乗算することによって、ノイズ抑制成分画像データを算出し、

前記原画像データから前記ノイズ抑制成分画像データを変倍して減算することによって、原画像データのノイズ領域におけるノイズ成分を選択的に抑制した画像を作成することを特徴とするデジタル画像のノイズ抑制のため

$$s(r) = \exp(-r/a) \quad (1)$$

$$s(r) = \exp(-r^2/a^2) \quad (2)$$

$$s(r) = \text{rect}(r/a) \quad (3)$$

ここで、式 (3) の $\text{rect}(r/a)$ は、値が 1 の矩形関数である。

【請求項 7】 原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成する平滑化処理部と、

前記原画像データから前記平滑化処理部で作成した前記平滑化画像データを減算して、被写体画像のエッジとノイズとが混在する混在画像データを作成するエッジ・ノイズ混在成分抽出部と、

前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域とノイズ領域を識別するためのエッジ強度データを求めるエッジ検出部と、

このエッジ検出部で求めたエッジ強度データからノイズ領域の度合いを示すノイズ領域の重み付け係数を求めるノイズ領域重み係数演算部と、

前記エッジ・ノイズ混在成分抽出部で作成した前記混在画像データに、前記ノイズ領域重み係数演算部で求めた前記ノイズ領域の重み付け係数を乗じて、ノイズデータを求めるノイズ成分識別分離部と、

前記原画像データにおけるノイズ抑制の広がりを表すノイズ抑制分布関数を設定し、前記ノイズ成分識別分離部で求めた前記ノイズデータとこのノイズ抑制分布関数との畳み込み積分を行ってノイズ抑制分布を求めるノイズ抑制分布演算部と、

このノイズ抑制分布演算部において求められた前記ノイ

の画像処理方法。

【請求項 2】 前記ノイズ抑制分布関数は、原画像の画素における、ノイズ抑制の広がりを中心位置において値が最大であり、この中心位置から離れるに従って値が小さくなる単調減少関数である請求項 1 に記載の画像処理方法。

【請求項 3】 前記ノイズ抑制分布関数は、原画像の画素におけるノイズ抑制を及ぼす範囲において一定の値を持つ矩形関数である請求項 1 に記載の画像処理方法。

【請求項 4】 前記ノイズ抑制分布関数の、原画像の画素における前記ノイズ抑制を及ぼす範囲は、画素数で 1 以上 15 以下の範囲の領域である請求項 2 または 3 に記載の画像処理方法。

【請求項 5】 前記ノイズ抑制分布関数は、原画像の画素におけるノイズ抑制を及ぼす範囲の境界の位置とこの位置での値を定めることによって設定される請求項 2 ～ 4 のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項 6】 前記ノイズ抑制分布関数は、 r を原画像の画素におけるノイズ抑制の広がりを中心位置からの距離、 a を原画像の画素におけるノイズ抑制の広がり範囲を定める抑制範囲定数とすると、下記式 (1) ～ (3) のいずれかで表される請求項 5 に記載の画像処理方法。

$$s(r) = \exp(-r/a) \quad (1)$$

$$s(r) = \exp(-r^2/a^2) \quad (2)$$

$$s(r) = \text{rect}(r/a) \quad (3)$$

ズ抑制分布を前記ノイズ成分識別分離部で求めた前記ノイズデータに乘算することによって、ノイズ抑制成分画像データを算出するノイズ抑制成分演算部と、

前記原画像データから前記ノイズ抑制成分演算部で算出した前記ノイズ抑制成分画像データを変倍して減算して処理画像データを求めるノイズ抑制演算処理部とを有することを特徴とするデジタル画像のノイズ抑制のための画像処理装置。

【請求項 8】 コンピュータに、

原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成する手順と、

前記原画像データから前記平滑化画像データを減算して、被写体画像のエッジとノイズとが混在する混在画像データを作成する手順と、

前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域とノイズ領域を識別するためのエッジ強度データを求める手順と、

前記エッジ強度データからノイズ領域の度合いを示すノイズ領域の重み付け係数を求める手順と、

前記混在画像データに、前記ノイズ領域の重み付け係数を乗じて、ノイズデータを求める手順と、

原画像データにおけるノイズ抑制の広がりを表すノイズ抑制分布関数を設定し、前記ノイズデータとこのノイズ抑制分布関数との畳み込み積分を行ってノイズ抑制分布

を求める手順と、

前記ノイズデータに前記ノイズ抑制分布を乗算することによって、ノイズ抑制成分画像データを算出する手順と、

前記原画像データから前記ノイズ抑制成分画像データを変倍して減算する手順を実行させて、原画像データのノイズ領域におけるノイズ成分を選択的に抑制した画像を作成することを特徴とするプログラムを記録したコンピュータが読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】本発明は、デジタル画像に含まれる粒状等のノイズ（雑音）成分を抑制するデジタル画像のノイズ抑制のための画像処理方法、装置および記録媒体に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】銀塩写真の画像を画像入力スキャナで走査して収録したデジタル画像や、デジタルスチルカメラ等で撮影したデジタル画像を画像処理し、画像出力プリンタで出力するようなシステムでは、出力された画像はスキャナやカメラとプリンタによる大幅なシャープネス劣化があり、それを回復するために従来からラブラシアンフィルタやアンシャープマスク（USM）によるシャープネス強調が行われている。しかし、画像のシャープネスが向上すると共に粒状などのノイズ（雑音）が悪化する副作用があるため、粒状などのノイズのある画像においては粒状悪化が許容される範囲内で控え目なシャープネス強調しか行えず、原稿画像以上に画質を向上させることが困難であった。

【 0 0 0 3 】デジタル画像において、ノイズとなる粒状を除去しシャープネスを強調する画像処理法としては幾つか提案されているが、粒状を除去する方法として平均化したり、ぼかす方法を用いているため、ぼけた粒状パターンが視覚的には不快に感じられたり、微小な被写体構造が不自然に消されたりする等の問題点があり、写真のような審美的な画像には適さない。

【 0 0 0 4 】写真、印刷、テレビジョン、各種複写機等の画像において、カメラ等の光学系による鮮鋭度劣化、写真感光材料に固有の粒状や鮮鋭度劣化、もしくは写真や印刷等の原稿画像を画像入力装置でデジタル化する際に付加されるノイズ（雑音）や鮮鋭度劣化を回復するため、ノイズを抑制したり、シャープネスを強調する画像処理法として種々の方法が考案されている。たとえば、従来の画像処理方法では、粒状除去処理方法としては平滑化やコアリングという方法が用いられ、シャープネス強調処理法としてはアンシャープマスク（USM ; Unsharp Masking）やラブラシアン、あるいはハイパスフィルタによる処理が用いられている。しかし、これらの従来の粒状除去処理方法では粒状を抑制すると不自然な違和感のあるアーティファクトが生じたり、本来は抑制して

はならない画像の微細構造を粒状と共に抑制してしまう等の望ましくない欠点を有していた。

【 0 0 0 5 】たとえば、特表昭 5 7 - 5 0 0 3 1 1 号公報、同 5 7 - 5 0 0 3 5 4 号公報および「アンシャープで粒状の目立つ写真画像のデジタル強調方法」、電子画像処理国際会議録、1 9 8 2 年 7 月、第 1 7 9 ~ 1 8 3 頁（P.G.Powell and B.E.Bayer, "A Method for the Digital Enhancement of Unsharp, Grainy Photographic Images", Proceedingus of the International Conference on Electronic Image Processing, Jul. 26-28, 1982, pp. 179-183）に開示されたボーウェルおよびバイヤーらの処理法では、粒状抑制方法として平滑化処理法（ローパスフィルタ）を用い、シャープネス強調方法としてアンシャープマスク（ハイパスフィルタ）による処理法を用いている。平滑化処理は $n \times n$ 画素の信号値に Gaussian 型等の重み付けを乗じて信号を平滑化することによって、粒状を抑制する処理である。シャープネス強調処理は、先ず $m \times m$ 画素の画像信号を用いて、中心画素から周囲画素の方向の微分値を求め、その値が設定した閾値より小さい場合は粒状や雑音と見做してコアリング処理で除去し、残った閾値より大きい微分値の和をとり、1. 0 以上の定数を乗じて上記の平滑化信号に加算することによりシャープネス強調を行う。

【 0 0 0 6 】この処理法では、粒状パターンをばかしているため、粒状パターンの濃淡コントラストは低下するが、粒状を構成する粒子の大きな集落（粒状モトル）からなる大きいむらパターンが視覚的には目立つようになりやすいため、不快な粒状として見えるという欠点がある。また設定した閾値で粒状と画像の識別を行っている（コアリング処理）ので、コントラストの低い画像信号が粒状誤認され、粒状と共に抑制あるいは除去されてしまったり、除去した信号と強調した画像信号との境界で不連続性が生じ、画像に不自然なアーティファクトが見られるという欠点がある。特に、芝生や絨毯等の微細な画像、および布地等のテクスチャが描写されている画像においてこの欠点が現れ、視覚的には極めて不自然で望ましくないアーティファクトとなる。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来の粒状抑制・シャープネス強調画像処理方法では、シャープネスはアンシャープマスクで強調し、粒状はぼかしたり、平滑化によって抑制する手法を用い、原画像から粒状（ノイズ）信号と輪郭信号を信号レベルで分離して、輪郭信号はシャープネス強調し、平滑領域は粒状抑制することにより、小さい信号を粒状と見做して処理するので、粒状の信号レベルと近い画像細部信号、すなわち衣類のテクスチャや頭髮等の画像信号が粒状と共に抑制され、画像処理のアーティファクトとして視覚的に不快な画像となる欠点があるという問題があった。すなわち、このような従来法では、粒状抑制の方法としてぼけ

や平均化を用いており、ぼけた粒状パターン（「ぼけ粒状」）は濃度の揺らぎとしては小さくなって粒状が良くなったかのように見えるが、逆に濃度揺らぎ量は小さいがぼけて広がった粒状パターンが視覚的には不快なパターンと認識され、特に、ポートレート写真等の顔や肌、あるいは壁や空等の一様な被写体で目立つという問題があった。

【0008】また、原画像から粒状（雑音、ノイズ）領域と輪郭領域を信号レベルで分離する従来法では、原画像とぼけ画像の差分信号から輪郭領域と平坦領域を識別し、それぞれの領域に対してアンシャープマスクやラブラシアン等の異なる係数を用いて処理することによって、平坦領域では粒状を抑制しつつ、輪郭領域ではシャープネスを強調してエッジをぼかすことなく粒状抑制をしているが、輪郭領域と粒状領域の認識・分離が閾値となる信号レベルで一律に行われるため、その境界で不連続性が生じるという問題があった。さらに、このような従来法では、エッジ強調あるいはシャープネス強調方法としてアンシャープマスクやラブラシアンが用いられているが、画像の輪郭・エッジ部にマッキーラインのような縁取りが発生し易く、視覚的に不自然な印象を与えるという問題があった。このような粒状などのノイズの抑制とシャープネス強調に関する問題は、銀塩写真に特有の問題でなく、デジタルスチルカメラ等で画像を撮影する際にも、ショットノイズや電氣的なノイズをはじめとする種々のノイズの抑制とシャープネス強調の問題として発生する。

【0009】本発明は、上記従来技術の現状を鑑みてなされたものであって、銀塩写真、デジタルスチルカメラ画像、印刷、テレビジョン、各種複写機等の画像において、カメラによるぼけ、写真感光材料の粒状やぼけ等の原稿画像に固有のノイズ（雑音）と鮮鋭度劣化、もしくはその原稿画像を画像入力装置でデジタル化する際に付加されるノイズやデジタルスチルカメラで撮影する際のショットノイズと鮮鋭度劣化を回復する処理を行う際に、上記従来技術の問題点、すなわち、平滑化によるノイズの抑制を行うとノイズがぼけて大きいむらが視覚的に不快に見えるという問題点、コントラストの低い画像信号が粒状、あるいはノイズと誤認され、抑制あるいは除去される問題点、ノイズ除去領域とシャープネス強調領域の境界が不連続になり画像に不自然なアーティファクトが見られるという問題点を生じさせずに、粒状を抑制する処理を行うデジタル画像のノイズ抑制のための画

$$s(r) = \exp(-r/a) \quad (1)$$

$$s(r) = \exp(-r^2/a^2) \quad (2)$$

$$s(r) = \text{rect}(r/a) \quad (3)$$

ここで、式(3)の $\text{rect}(r/a)$ は、値が1の矩形関数である。

【0014】さらに、上記目的を達成するために、本発明は、原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像

像処理方法およびこれを実施する画像処理装置およびこの方法を実施するコンピュータが読み取り可能な記録媒体を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成し、前記原画像データから前記平滑化画像データを減算して、被写体画像のエッジとノイズとが混在する混在画像データを作成し、前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域とノイズ領域を識別するためのエッジ強度データを求め、このエッジ強度データからノイズ領域の度合いを示すノイズ領域の重み付け係数を求め、前記混在画像データに、前記ノイズ領域の重み付け係数を乗じて、ノイズデータを求め、原画像データにおけるノイズ抑制の広がりを表すノイズ抑制分布関数を設定し、前記ノイズデータとこのノイズ抑制分布関数との畳み込み積分を行ってノイズ抑制分布を求め、前記ノイズデータに前記ノイズ抑制分布を乗算することによって、ノイズ抑制成分画像データを算出し、前記原画像データから前記ノイズ抑制成分画像データを変倍して減算することによって、原画像データのノイズ領域におけるノイズ成分を選択的に抑制した画像を作成することを特徴とするデジタル画像のノイズ抑制のための画像処理方法を提供するものである。

【0011】ここで、前記ノイズ抑制分布関数は、原画像の画素における、ノイズ抑制の広がりの中心位置において値が最大であり、この中心位置から離れるに従って値が小さくなる単調減少関数であるのが好ましく、あるいは前記ノイズ抑制分布関数は、原画像の画素におけるノイズ抑制を及ぼす範囲において一定の値を持つ矩形関数であるのが好ましい。

【0012】また、前記ノイズ抑制分布関数の、原画像の画素における前記ノイズ抑制を及ぼす範囲は、画素数で1以上15以下の範囲の領域であるのが好ましい。

【0013】さらに、前記ノイズ抑制分布関数は、原画像の画素におけるノイズ抑制を及ぼす範囲の境界の位置とこの位置での値を定めることによって設定されるのが好ましい。ここで、前記ノイズ抑制分布関数は、 r を原画像の画素におけるノイズ抑制の広がりの中心位置からの距離、 a を原画像の画素におけるノイズ抑制の広がりの範囲を定める抑制範囲定数とすると、下記式(1)～(3)のいずれかで表されるのが好ましい。

データを作成する平滑化処理部と、前記原画像データから前記平滑化処理部で作成した前記平滑化画像データを減算して、被写体画像のエッジとノイズとが混在する混在画像データを作成するエッジ・ノイズ混在成分抽出部

と、前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域とノイズ領域を識別するためのエッジ強度データを求めるエッジ検出部と、このエッジ検出部で求めたエッジ強度データからノイズ領域の度合いを示すノイズ領域の重み付け係数を求めるノイズ領域重み係数演算部と、前記エッジ・ノイズ混在成分抽出部で作成した前記混在画像データに、前記ノイズ領域重み係数演算部で求めた前記ノイズ領域の重み付け係数を乗じて、ノイズデータを求めるノイズ成分識別分離部と、前記原画像データにおけるノイズ抑制の広がりを表すノイズ抑制分布関数を設定し、前記ノイズ成分識別分離部で求めた前記ノイズデータとこのノイズ抑制分布関数との畳み込み積分を行ってノイズ抑制分布を求めるノイズ抑制分布演算部と、このノイズ抑制分布演算部において求められた前記ノイズ抑制分布を前記ノイズ成分識別分離部で求めた前記ノイズデータに乗算することによって、ノイズ抑制成分画像データを算出するノイズ抑制成分演算部と、前記原画像データから前記ノイズ抑制成分演算部で算出した前記ノイズ抑制成分画像データを変倍して減算して処理画像データを求めるノイズ抑制演算処理部とを有することを特徴とするデジタル画像のノイズ抑制のための画像処理装置を提供するものである。

【0015】さらに、本発明は、上記目的達成のために、コンピュータに、原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成する手順と、前記原画像データから前記平滑化画像データを減算して、被写体画像のエッジとノイズとが混在する混在画像データを作成する手順と、前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域とノイズ領域を識別するためのエッジ強度データを求める手順と、前記エッジ強度データからノイズ領域の度合いを示すノイズ領域の重み付け係数を求める手順と、前記混在画像データに、前記ノイズ領域の重み付け係数を乗じて、ノイズデータを求める手順と、原画像データにおけるノイズ抑制の広がりを表すノイズ抑制分布関数を設定し、前記ノイズデータとこのノイズ抑制分布関数との畳み込み積分を行ってノイズ抑制分布を求める手順と、前記ノイズデータに前記ノイズ抑制分布を乗算することによって、ノイズ抑制成分画像データを算出する手順と、前記原画像データから前記ノイズ抑制成分画像データを変倍して減算する手順を実行させ

て、原画像データのノイズ領域におけるノイズ成分を選択的に抑制した画像を作成することを特徴とするプログラムを記録したコンピュータが読み取り可能な記録媒体を提供するものである。

【0016】ここで、上記「ノイズ」とは、銀塩感光材料を用いた写真用フィルム等をフィルムスキャナを用いて読み取って得られる画像データに含まれる、感光材の粒子に起因する粒状のみならず、銀塩感光材料を用いることなくデジタルスチルカメラ等のCCDやMOS等の撮像素子および種々の撮像管を用いて得られる画像デ

ータに含まれるノイズも広く含む。

【0017】上記発明は、

- ・原画像からエッジを検出し、エッジ強度を求め、エッジ強度の弱い領域はノイズ領域と見做し、ノイズ領域をエッジ領域から分割するためのノイズ領域の重み付け係数を算出し、
- ・原画像から平滑化画像を作成し、原画像から減算することにより、エッジとノイズの混在成分を求め、
- ・ノイズ領域の重み付け係数をエッジとノイズの混在成分に乘算して求めたノイズ成分から、ノイズ抑制分布関数を用いてノイズ抑制分布を求め、このノイズ抑制分布と上記ノイズ成分とからノイズ抑制成分を求め、
- ・原画像からノイズ抑制成分を減算することによって、原画像データが銀塩感光材料を用いた写真用フィルム等からフィルムスキャナを用いて読み取られた場合、感光材料の粒子の大きな集落であり、ノイズ成分である粒状モトルがより大きい（粒状が粗い）部分では粒状を強く抑制し、粒状モトルの小さい部分では粒状を弱く抑制するか、あるいは抑制し、これによって粒状の揺らぎを抑制、均一化することができ、画像の粒状領域において粒状モトルの大きい部分が選択的に抑制された画質の良い画像を得ることができる。原画像データがデジタルスチルカメラ等の撮像素子を用いて撮影されて得られた場合、入射光の光子揺らぎや、撮像素子中の1個1個の光センサの固有のノイズ、あるいは電気回路で発生する熱雑音（ノイズ）、量子化ノイズ等の種々のノイズが画像中で画素単位の信号、あるいは濃度揺らぎとなって現れるが、ノイズ揺らぎが空間的には疎の部分や密の部分が生じ、銀塩感光材料の粒状モトルと同様に、ノイズモトルを形成しているので、ノイズモトルの大きいところは強く抑制し、ノイズモトルの小さいところは弱く抑制することによって、ノイズを均一化することができ、画質の良い画像を得ることができる。

【0018】すなわち、本発明のノイズ抑制の画像処理方法では、ノイズ成分を識別し、そのノイズ成分中のノイズ成分の大きく粗いものをより強く抑制し、ノイズ成分の小さいものを弱く抑制するか抑制しないような処理を行うことによって、ノイズによる画像濃度の変動を小さく均一にする（揺らぎの大きさのばらつきを小さくする）処理を行う。ノイズ成分が粒状成分である場合、粒状パターンに対して、従来のように平滑化処理を行うものでなく、大きな粒状モトルを目立たなくするので、銀塩写真感材で微粒子乳剤を用いた時に得られるような細かい粒状（空間的に細かく、かつ振幅も小さく粒状）にすることができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の画像処理方法を実施する画像処理装置について、添付の図面に示される好適実施例を基に詳細に説明する。本発明における「ノイズ」は、上述したように雑音全般を指す。また、「ノイ

ズ」は、デジタルスチルカメラ等の電子的撮像系では単にノイズと言うが、銀塩写真感光材料においてはノイズというより、粒状と言うのが一般的である。従って、以降の説明で、特に銀塩写真感光材料を例として説明する場合、「ノイズ」に替えて「粒状」を用いる。また、後述する「ノイズモトル」は、デジタルスチルカメラ等の電子的撮像系においてノイズ揺らぎが空間的に密な部分を形成するノイズモトルの他、銀塩写真感光材料における粒状モトルも含む。

【0020】図1は、本発明に係る画像処理装置を組み込んだシステムであって、カラー画像を読み取り、本発明の画像処理方法を行い、カラー画像を出力するカラー画像再生システムのブロック図である。図2は、本発明に係る画像処理方法を実施する画像処理装置の一実施例のブロック図である。図3は、本発明の画像処理方法の処理アルゴリズムの一例を示すフローチャートである。以下の説明では、デジタル画像として銀塩カラー写真画像から得られる画像データを代表例として説明する。

【0021】図1に示すように、カラー画像再生システム10は、カラー写真画像（カラーネガフィルム、カラーリバーサルフィルムなどのフィルム画像などやデジタルカメラ等の撮影画像）などのカラー画像を読み取ってデジタル入力画像データを得る画像入力装置12と、画像入力装置12から入力される入力画像データに所要の画像処理とともに本発明のデジタル画像のノイズ抑制のための画像処理を施して、処理画像データI₁を得る画像処理装置14と、画像処理装置14から出力される処理画像データI₁に基づいてプリント画像などのカラー画像を出力する画像出力装置16とを備える。

【0022】画像入力装置12は、デジタルカラー画像データを作成して、画像処理装置14への入力画像データとして出力するためのもので、例えば、カラー（またはモノクロ）ネガフィルムやカラー（またはモノクロ）リバーサルフィルムなどのカラーフィルム画像を読み取ってデジタル画像データを作成するフィルムスキャナ装置、印刷物や反射プリント画像などのカラー反射原稿画像を読み取ってデジタル画像データを作成する反射原稿用スキャナ装置が挙げられる。なお、本発明においては、被写体を直接撮影してデジタル画像データを作成するデジタルカメラや電子スチルカメラやビデオカメラ、もしくは、これらで作成されたデジタル画像データを格納した記録媒体、例えば、スマートメディア、メモリースティック、PCカードなどの半導体メモリーやFD、Zipなどの磁気記録媒体やMO、MDなどの光磁気記録媒体やCD-ROM、Photo-CDなどの光記録媒体などをドライブしてデジタル画像データとして読み出すドライブ、これらのデジタル画像データを読み込んでソフトコピー画像を表示するCRTモニタ、液晶モニタなどの表示装置、および読み込んだもしくは表示されたデジタル画像データを全体的にもしくは部分的に画像処

理する画像処理用PC、WSなどのコンピュータなどであってもよい。

【0023】画像出力装置16は、最終処理画像データとして画像処理装置14から出力される処理画像データI₁に基づいて、カラー写真画像などのカラー入力画像が再現されたカラー画像を出力するためのもので、反射プリント画像や反射原稿画像などのカラーハードコピー画像を出力するデジタルフォトプリンタや複写機や電子写真、レーザプリンタ、インクジェット、熱昇華型、TAなどの種々の方式のデジタルカラープリンタなどの画像出力装置、ソフトコピー画像として表示するTV、CRTモニタ、液晶モニタ等の表示装置やPCやWSなどのコンピュータなどを挙げるができる。

【0024】画像処理装置14は、画像入力装置12からの入力画像データの色および調子（階調）を画像出力装置16に所望の色および調子再現で出力するために調整処理して原画像データI₀を作成する色・調子処理部18と、この色・調子処理部18によって処理された原画像データI₀に本発明の最も特徴とする部分であって、本発明のデジタル画像のノイズ抑制のための画像処理方法を実施して処理画像データI₁を作成するノイズ抑制画像処理部20と、色および調子再現性が調整された画像データに基づいて再生画像を表示する画像モニタおよび種々の所要の画像処理や本発明の画像処理を行うためのパラメータを設定する画像処理パラメータ設定部からなる画像モニタ・画像処理パラメータ設定部22とを有する。

【0025】ここで、色・調子処理部18は、画像入力装置12から入力される入力画像データの色および調子（階調）の再現性を画像出力装置16において適正に再現されるように色変換または色補正（階調変換または補正も含む）を行って、本発明の画像処理方法を実施するための原画像データI₀を作成するものであり、ここで行われる処理としては、例えば、色（グレイ）変換や補正、階調補正、濃度（明るさ）補正、彩度補正、倍率変換、濃度ダイナミックレンジの圧縮・伸長などの種々の処理を挙げるができる。

【0026】画像モニタ・画像処理パラメータ設定部22は、画像モニタおよび画像処理パラメータ設定部からなり、画像モニタに画像入力装置12から入力された入力画像データに基づいて入力画像を表示するとともに、この画像モニタを用いて（例えばGUIなどによって）入力画像データに色・調子処理部18および本発明の画像処理方法を実施するためのノイズ抑制画像処理部20で行う各種の画像処理のパラメータを図示しないマウスやキーボードなどのデータ入力機によって設定するためのものである。ここで、設定されるパラメータは、上述した各種の処理に用いられる補正係数、変換係数、倍率などや後に詳細に説明する本発明の画像処理方法を実施する上で必要となる様々な係数や定数などを挙げるこ

ができる。

【0027】本発明の画像処理方法を実施するノイズ抑制画像処理部（以下、単に本画像処理部という）20は、色・調子処理部18で作成された原画像データ I_0 に本発明の特徴とするノイズ抑制画像処理を行って、画像出力装置16に出力するための最終処理画像データである処理画像データ I_1 を作成するためのものである。

【0028】ここで、本画像処理部20は、図2に示すように、原画像データ I_0 に平滑化処理を行って、平滑化画像データ I_{av} を作成する平滑化処理部26と、原画像データ I_0 から平滑化画像データ I_{av} を減算して、被写体画像のエッジとノイズとが混在する混在画像データ ΔI_{ec} を作成するエッジ・ノイズ混在成分抽出部28と、原画像データ I_0 から被写体画像のエッジ検出を行って、被写体エッジ領域とノイズ領域とを識別するためのエッジ強度データ E_0 を求めるエッジ検出部30と、このエッジ強度データ E_0 からノイズ領域の重み係数 W_0 を求めるノイズ領域重み係数演算部32と、エッジ・ノイズ混在成分抽出部28で得られた混在画像データ ΔI_{ec} にノイズ重み係数演算部32で求められたノイズ領域の重み付け係数 W_0 を乗じて、ノイズ領域のノイズデータ G_0 を求めるノイズ成分識別分離部34と、原画像データ I_0 におけるノイズ抑制の広がりを表すノイズ抑制分布関数 s_1 を設定し、ノイズ成分識別分離部34で求めたノイズデータ G_0 とこのノイズ抑制分布関数 s_1 との畳み込み積分を行ってノイズモトル抑制分布（本発明におけるノイズ抑制分布に相当） M を求めるノイズモトル抑制分布演算部（本発明におけるノイズ抑制分布演算部に相当）36と、ノイズモトル抑制分布演算部36で求められたノイズモトル抑制分布 M をノイズ成分識別分離部34で求めたノイズデータ G_0 に乘算することによって、ノイズ抑制成分画像データに G_1 を算出するノイズモトル抑制成分演算部（本発明におけるノイズ抑制成分演算部に相当）38と、ノイズモトル抑制成分演算部38で算出されたノイズ抑制成分画像データ G_1 を変倍して原画像データ I_0 から減算するノイズ抑制演算処理部40と、ノイズ抑制演算処理部40で得られた画像データを画像出力装置16に適した処理画像データ I_1 に変換する出力画像演算部42とを有する。

【0029】図2に示すノイズ抑制画像処理部20は、基本的に以上のように構成される。次に、図3に示す本発明の画像処理方法の処理アルゴリズムを示すフローチャートを参照しながら、本処理部20の作用に基づいて、本発明の画像処理方法を概説する。

【0030】本実施例においては、図3に示すように、

$$I_{av}(x,y) = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W(i,j) \cdot I_0(x+i-\frac{n}{2}-\frac{1}{2}, y+j-\frac{n}{2}-\frac{1}{2}) \quad (4)$$

【0034】ただし、 n は平均化のマスクサイズ、 $w(x,y)$ は重み係数である。 $w(x,y) = 1, 0$ とすると、

各画素毎に先ず原画像データ I_0 から、平滑化処理部26において平滑化処理を行い（ステップ100）、平滑化画像データ I_{av} を得、エッジ・ノイズ混在成分抽出部28においてエッジとノイズとの混在した混在画像データ ΔI_{ec} を抽出する（ステップ102）。

【0031】一方、エッジ検出部30において原画像データ I_0 から被写体エッジ領域とノイズ領域とを識別するためのエッジ強度データ E_0 を求めてエッジ検出を行い（ステップ104）、ノイズ領域重み係数演算部32において、ノイズ領域の重み付け係数 W_0 を計算して求める（ステップ106）。さらに、ノイズ成分識別分離部34において、ノイズデータの識別・分離を行う（ステップ108）。すなわち、混在画像データ ΔI_{ec} に、ノイズ重み係数演算部32で求められたノイズ領域の重み付け係数 W_0 を乗じて、ノイズデータ G_0 を求める。

【0032】次に、ノイズモトル抑制分布演算部36において、原画像データ I_0 におけるノイズ抑制の広がりを表すノイズ抑制分布関数 s_1 を設定し、ノイズデータ G_0 とこのノイズ抑制分布関数 s_1 との畳み込み積分を行ってノイズモトル抑制分布 M を求め（ステップ110）、ノイズモトル抑制成分演算部38において、ノイズモトル抑制分布 M をノイズデータ G_0 に乘算することによって、ノイズ抑制成分画像データ G_1 を算出して、ノイズ・モトル抑制成分の演算を行い（ステップ112）、ノイズ抑制演算処理部40において、原画像データ I_0 から先に算出したノイズ抑制成分画像データ G_1 を変倍して減算して、ノイズ抑制画像演算を行い（ステップ114）、さらに、画像出力装置16に適した画像データに変換することによって処理画像データ I_1 を得る。

【0033】次に、本発明の画像処理方法の上述した各工程について詳細に説明する。まず、平滑化工程（ステップ100）について説明する。平滑化を行う方法としては、実空間領域の処理と空間周波数領域の処理を挙げることができる。実空間領域処理では、隣接する画素全体の和を求め平均値を計算してその値に置き換える方法、各画素に重み係数、たとえば正規分布型の関数を掛けて平均値を求める方法、メディアンフィルタのような非線型な処理を行う方法等の種々の方法がある。一方、空間周波数領域の処理では、ローパスフィルタを掛ける方法がある。たとえば、重み係数を用いる平均化の方法では下記式（4）を挙げることができる。なお、ここで、 (x,y) 等は、画像内の注目画素の位置座標を表す。

【数1】

単純平均となる。本発明では、実空間領域処理の中で、正規分布型の重み係数を掛けて平均値を求める方法を用

$$\begin{array}{ccccccc} \bullet & & \bullet & & \bullet & & \bullet \\ & & & & & & \\ \bullet & & \bullet & & \bullet & & \bullet \\ & & & & & & \\ W_{n-1} & W_{n-2} & W_{n-3} & \bullet & \bullet & \bullet & W_{n-0} \end{array} \quad (5)$$

【0035】式(6)に9×9画素のマスクの一例を示す。この式(6)では中心の値を1.0に正規化した値で示しているが、実際の処理ではマスク全体の和が1.0になるようにする。

0.09	0.15	0.22	0.28	0.30	0.28	0.22	0.15	0.09	
0.15	0.26	0.38	0.47	0.51	0.47	0.38	0.26	0.15	
0.22	0.38	0.55	0.69	0.74	0.69	0.55	0.38	0.22	
0.28	0.47	0.69	0.86	0.93	0.86	0.69	0.47	0.28	
0.30	0.51	0.74	0.93	1.00	0.93	0.74	0.51	0.30	(6)
0.28	0.47	0.69	0.86	0.93	0.86	0.69	0.47	0.28	
0.22	0.38	0.55	0.69	0.74	0.69	0.55	0.38	0.22	
0.15	0.26	0.38	0.47	0.51	0.47	0.38	0.26	0.15	
0.09	0.15	0.22	0.28	0.30	0.28	0.22	0.15	0.09	

【0036】このようなマスクを用いて、原画像データ $I_0(x, y)$ から平滑化画像データ $I_{Av}(x, y)$ を求めることができる。なお、本発明に用いられる平滑化方法としては、上述した種々の方法に限定されるわけではなく、従来公知の平滑化方法はいずれも適用可能なことはいうまでもない。図4(a)には、エッジ成分が支配的な領域Eと、ノイズモトル(粒状モトル)のある領域Aや領域Bを含むノイズ領域とを有する原画像データ I_0 の一次元波形の一例が示されている。図4(a)に示される原

$$\Delta I_{EG}(x, y) = I_0(x, y) -$$

画像データ I_1 は、ステップ 100 の平滑化工程によって、図 4 (b) に示すようななだらかな変化を持った平滑画像データ I_{1s} の波形に処理される。

図4 (a) および (b) で示される波形から、エッジ・ノイズ混在成分の抽出工程によって、図4 (c) に示す混在成分 $\Delta I_{FG}(x, y)$ の波形が抽出される。

【0038】次に、エッジ検出工程（ステップ104）について説明する。ここでは、一例として局所分散方式によるエッジ検出を代表例として説明するが、本発明はこれに限定される訳ではない。

【0039】エッジ検出を行う際に先ず、以下のような

$$D_i = (r D_R + g D_G + b$$

重み係数としては、例えば、 $r : g : b = 4 : 5 : 1$ のような値を用いる。この変換を行うのは、 R 、 G 、 B で

相関の無いノイズを減少させ、エッジ検出の精度を向上させるためである。前処理の配列の大きさの範囲は 5×5 、あるいは 7×7 画素程度のものを用いるのがよいが、それは、後述する所定の配列内の画像濃度の変動を、配列内で小さい配列、例えば、 3×3 程度の配列を用いて、移動しながら計算するためである。

【0040】なお、エッジ検出における重み係数 r 、 g 、 b は以下のようにして求めることができる。重み係数については、視覚で観察したときに目立つ（これは、分光的な視感度分布に対応するという見方もあるが）、すなわち寄与の大きい色の画像データの重み係数が大きいという考えに基づいて最適な値に設定するのが好ましい。一般には、視覚評価実験等に基づいて経験的な重み

【0037】次いで、エッジ・ノイズ混在成分の抽出工程（ステップ102）について説明する。平滑化工程（ステップ100）で得られた平滑画像データ $I_{Av}(x, y)$ を、下記式（7）に従って、原画像データ I_0 から減算し、エッジとノイズの混在する微細構造データである混在成分 $\Delta I_{ec}(x, y)$ を抽出する。

$$\Delta I_{ec}(x, y) = I_0(x, y) - I_{Av}(x, y) \quad (7)$$

前処理による濃度変換を行う。このような前処理を行うのは、カラー画像データを構成するR画像データとG画像データとB画像データで相関のないノイズを減少させ以降で行うエッジ検出の際の精度を向上するためである。すなわち、式(8)に示したように、原画像データ $I_0(x, y)$ のR, G, Bの3色の濃度値 D_R , D_G , D_B に重み係数 r , g , b を掛けて視覚濃度(Visual density) D_v に変換する。

$\frac{1}{r+g+b}$ (8)

係数が求められており、下記のような値が一般的な知見として知られている（公知文献としては、野口高史、「心理対応の良い粒状評価法」、日本写真学会誌、57（6）、415（1994）があり、色によって異なるが、下記の比に近い数値が示されている）。

$$r : g : b = 3 : 6 : 1$$
$$r : g : b = 4 : 5 : 1$$
$$r : g : b = 2 : 7 : 1$$

ここで、係数の比 $r : g : b$ として好ましい値の範囲を規定するとすれば、 $r + g + b = 10$. 0 で b を 1. 0 としたときに、 g の値として、
 $g = 5. 0 \sim 7. 0$

の範囲の値が好ましい。ただし、 $r = 10$ 、 $0 - b - g$ である。

【0041】次ぎに、エッジ検出工程（ステップ10

4) の局所分散によるエッジ検出について説明する。エッジの検出は、上記視覚濃度 D_v の画像データから $n_e \times n_e$ 画素の配列を移動しつつ、配列内の画像濃度変動を式 (9) を用いて、その位置毎の局所的な標準偏差である局所分散 σ を順次注目画素 (x, y) ごとに計算することによって、画像中の被写体エッジの検出を行う。画素

$$\sigma(x, y) = \left\{ \frac{1}{n_e} \sum_{i=1}^{n_e} \sum_{j=1}^{n_e} \left[D_v(x+i-\frac{n_e}{2}, y+j-\frac{n_e}{2}) - \langle D_v(x, y) \rangle \right]^2 \right\}^{1/2} \quad (9)$$

ただし、注目画素位置を x, y とし、 $D_v(x+i-\frac{n_e}{2}, y+j-\frac{n_e}{2})$ は局所分散 $\sigma(x, y)$ を計算する $n_e \times n_e$ の画素配列の濃度で、 $\langle D_v(x, y) \rangle$ はその配

$$\langle D_v(x, y) \rangle = \frac{1}{n_e} \sum_{i=1}^{n_e} \sum_{j=1}^{n_e} D_v(x+i-\frac{n_e}{2}, y+j-\frac{n_e}{2}) \quad (10)$$

である。

【0043】原画像データ $I_0(x, y)$ から、上記式 (9) に示した局所分散 $\sigma(x, y)$ を計算し、被写体画像

$$E_0(x, y) = 1 - \exp[-\sigma(x, y) / a_e] \quad (11)$$

ただし、 a_e は局所分散 $\sigma(x, y)$ の値をエッジ強度に変換する際の係数であって、エッジ強度 $E_0 = 0.5$ に割

$$a_e = -\sigma_r / \log_e(0.5) \quad (12)$$

である。 σ_r の値は、ノイズと被写体輪郭の信号の大きさによって適切な値にする必要があるが、各色 8 bit (256 階調) のカラー画像では、10~100 の範囲の値が好ましい。この変換は、ルックアップテーブルとして作成しておく、変換に要する計算時間を短縮する

$$E_0(x, y) = 1 - \exp\{-[\sigma(x, y)]^2 / a_{e1}^2\} \quad (13)$$

ただし、 a_{e1} は $\sigma(x, y)$ から $E_0(x, y)$ に変換する際の係数で、 $E_0(x, y) = 0.5$ に割り付ける局所分散 σ

$$a_{e1}^2 = -\sigma_r^2 / \log_e(0.5) \quad (14)$$

である。 σ_r の値は、各色 8 bit (256 階調) のカラー画像では、10~100 の範囲の値が好ましい。

【0045】また、このエッジ強度データ $E_0(x, y)$

$$E_0(x, y) = \sigma(x, y) / \sigma_{v..} \quad (15)$$

ここで、 $\sigma_{v..}$ は、局所分散データ $\sigma(x, y)$ の最大値で、 $\sigma(x, y)$ を正規化するための定数である。 $\sigma_{v..}$ の決定方法は、式 (15) で求めた画像全体の局所分散デ

$$\sigma_{v..} = \text{Max}\{\sigma(x, y)\}$$

【0046】また、画像全体から求まる最大値を用いず、画像の一部分、例えば画像の重要被写体のある確率の高い画像の中央部分の特定範囲、あるいは全画像から間引いた画像データ (原画像データの $1/4 \sim 1/10$ 程度) から上記式 (15) や (16) を用いて最大値 $\sigma_{v..}$ を求めてもよい。この場合、画像中央部分の特定範囲の画像データや間引いた画像データは、画像処理を施して処理画像データを得る前に予め粗い画素密度で得ることのできる各種処理条件調整用原画像データ (プレスキャン画像データ) を用いてもよいし、原画像データか

配列の大きさ ($n_e \times n_e$) は、検出精度および計算負荷を考慮して適宜決めればよいが、例えば 3×3 、あるいは 5×5 程度の大きさを用いるのが好ましい。

【0042】

【数 2】

列の平均濃度で、

【数 3】

のエッジ強度 $E_0(x, y)$ を求めるには、下記式 (11) のような指数関数で表した式を用いる。

り付ける局所分散 $\sigma(x, y)$ の閾値 σ_r とすると、

ことができる。

【0044】エッジ強度 $E_0(x, y)$ を求める変換式としては、上記式に限定されるものではなく、他の式を用いることもできる。たとえば、下記式のようなガウシアン型の関数を用いてもよい。

$$E_0(x, y) = 1 - \exp\{-[\sigma(x, y)]^2 / a_{e1}^2\} \quad (13)$$

30 (x, y) の閾値を σ_r とすると、

$$a_{e1}^2 = -\sigma_r^2 / \log_e(0.5) \quad (14)$$

は、以下に示す式 (15) のように、最大の局所分散データ $\sigma_{v..}$ で正規化され、0 以上 1 以下の正規化されたエッジ強度データ $E_0(x, y)$ を得てもよい。

$$E_0(x, y) = \sigma(x, y) / \sigma_{v..} \quad (15)$$

ータ $\sigma(x, y)$ から下記式 (15) のように最大値を求める。

$$(16)$$

ら抜き出してもよい。より好ましくは、 $\sigma_{v..}$ は、局所分散データ $\sigma(x, y)$ を大きい値から順番に並べた際の上位 5~10% 以内に含まれる値の平均値、例えば上位 10% 以内に含まれる値の平均値 $\langle \sigma(x, y) \rangle_{v..10\%}$ を $\sigma_{v..}$ とし、 $\sigma(x, y)$ がこの $\sigma_{v..}$ を超える場合、すべて $\sigma_{v..}$ に置き換える。この場合、平均値は、画像全体の平均値でも、重要被写体が撮影される場合の多い中央部分の所定の範囲の平均値でも、あるいは、間引いた画像データの平均値であってもよい。

【0047】ところで、本発明におけるエッジ検出法と

しては、上記局所分散方式のエッジ検出法に限定されるわけではなく、他のエッジ検出法も利用可能である。上記局所分散方式以外のエッジ検出法には、一次微分や二次微分に基づく方法があり、それぞれに、更に幾つかの方法がある。まず、空間的な一次微分に基づく方法としては、下記の2つのオペレータがある。差分型エッジ抽出オペレータとして、Prewittのオペレータ、Sobelのオペレータ、Robertsのオペレータなどがある。Robertsのオペレータは下記式で表わすことができる。

$$g(i, j) = \{ [f(i, j) - f(i+1, j+1)]^2 + [f(i+1, j) - f(i, j+1)]^2 \}^{1/2} \quad (10)$$

テンプレート型オペレータとして、8方向のエッジパターンに相当する3×3テンプレートを用いるRobinsonのオペレータやKirshのオペレータがある。次に、空間的な二次微分に基づく方法としては、ラプラシアンを用

$$W_e(x, y) = 1 - \alpha_e + \alpha_e E_e(x, y) \quad (17)$$

$$W_n(x, y) = 1 - W_e(x, y) \quad (18)$$

【0049】ここで、 α_e はエッジ領域とノイズ領域の重み付けを設定する定数であり、オペレータが0以上1以下の任意の値を設定することができる。エッジ領域の重み付け係数 $W_e(x, y)$ は、 $1 - \alpha_e$ 以上1以下の値となり、 $W_e(x, y)$ が大きいほど、その画素位置で被写体のエッジ領域である確率が高いと判断され、 $W_e(x, y)$ が小さいほど、その画素位置でノイズ領域である確率が高いと判断される。正規化されたエッジ強度データ $E_e(x, y)$ の値が1.0に近いエッジ領域では、 α_e の値にかかわらずエッジ領域の重み付け係数 $W_e(x, y)$ が1.0に近い大きい値となり、ノイズ領域の重み付け係数 $W_n(x, y)$ は最も小さくなる。一方、正規化されたエッジ強度データ $E_e(x, y)$ が1.0より小さくなるに連れ、エッジ領域の重み付け係数 $W_e(x, y)$ は最小値 $1 - \alpha_e$ に近づき、ノイズ領域の重み付けデータ $W_n(x, y)$ は最大値 α_e に近づく。このような α_e は一定の値にデフォルト値として予め設定しておき、オペレータがこのデ

$$G_n(x, y) = \Delta I_{nc}(x, y) \times W_n(x, y) \quad (19)$$

図4(f)には、図4(c)に示される混在成分 $\Delta I_{nc}(x, y)$ と図4(e)に示されるノイズ領域の重み付け係数 $W_n(x, y)$ を乗算して得られるノイズデータ $G_n(x, y)$ の波形を示している。図4(f)に示されるノイズデータ $G_n(x, y)$ の波形より、エッジ領域の成分が除去されていることがわかる。

【0051】次に、ノイズモトル抑制分布演算工程(ス

$$s(r) = \exp(-r/a) \quad (1)$$

すなわち、 $s(x, y) = \exp(-(x^2 + y^2)^{1/2}/a)$ と表される。

【0052】ここで、上式(1)中の a は、原画像の画素におけるノイズ抑制の広がり範囲を調整する抑制範囲定数であり、予め与えられ、あるいは入力により設定される。抑制範囲定数 a が入力により設定される場合、

$$a = -r_s / \log(s_{s_{in}}) \quad (20)$$

いた方法がある。この場合、雑音を強調してしまうので、先ず正規分布型のぼかし処理をしてからエッジ検出する方法が良く用いられる。図4(d)には、図4

(a)に示す原画像データ I_e からエッジ検出工程で求められたエッジ強度データ E_e の波形を示している。図4(a)に示すエッジ強度データ E_e において、エッジ領域 E の付近でエッジ強度データ E_e の値が大きくなっていることがわかる。

【0048】次に、ノイズ領域重み付け係数の計算工程(ステップ106)を説明する。エッジ検出工程(ステップ104)で得られるエッジ強度データ $E_e(x, y)$ を用いて、下記式(17)に従って、エッジ領域の重み付け係数 $W_e(x, y)$ を求めた後、ノイズ領域の重み付け係数 $W_n(x, y)$ を、下記式(18)に従って求める。

オルト値によって画像処理された処理画像を見ながら α_e の値を必要に応じて調整するようにしてもよい。なお、 α_e が1の場合、正規化されたエッジ強度データ $E_e(x, y)$ 自身がエッジ領域の重み付け係数 $W_e(x, y)$ となり、 $1 - \alpha_e = 0$ となり、 $W_n(x, y)$ がノイズ領域の重み付け係数 $W_n(x, y)$ となる。図4(e)には、図4(d)で示されるエッジ強度データから求まるノイズ領域の重み付け係数 $W_n(x, y)$ の波形を示している。

【0050】次に、ノイズデータの識別・分離工程(ステップ108)について説明する。エッジ・ノイズ混在成分の抽出工程(ステップ102)で得られたエッジ成分およびノイズ成分の混在する混在成分 $\Delta I_{ec}(x, y)$ に、下記式(19)で示されるように、ノイズ重み付け係数計算工程(ステップ106)で得られたノイズ領域の重み付け係数 $W_n(x, y)$ を乗算して、ノイズデータ $G_n(x, y)$ を求める。

ステップ110)について説明する。まず、原画像のノイズ領域の画素におけるノイズ抑制の広がりを表すノイズ抑制分布関数 $s(r)$ を式(1)のような関数を設定する。ここで r は、点 P をノイズ抑制の広がり中心位置(原点)とする座標 (x, y) に位置する注目画素の原点 P からの距離である。

ノイズ抑制を及ぼす範囲の境界の位置、すなわち抑制距離 r 、とこの位置での値 $s_{s_{in}}$ を定めることによって設定される。すなわち、抑制距離 r での値 $s_{s_{in}}$ から下記式(20)によって抑制範囲定数 a を計算して求める。

【0053】ここで、 $s_{a,i}$ の値は0.1以上0.5以下であるのが好ましく、抑制距離 r の値は1以上15以下の範囲の値であることが好ましい。特に、フィルムに記録された画像をスキャナ等で読み込んで原画像データを得る場合、抑制距離 r の値の設定は、フィルムフォーマット（フィルムの1コマの画像サイズ）やフィルムの種類や感度によって異なるフィルムの粒状（粒状モトル）の粗さ、およびフィルムを走査してデジタル画像データを得るスキャナの走査アパーチャサイズに応じて適宜変更することが好ましい。すなわち、粗い粒状（粒状モトルも大きい）の場合、抑制距離 r の値を大きくし、逆に細かい粒状の場合、抑制距離 r の値を小さくする。また、スキャナの走査アパーチャサイズに応じて適宜変更するのは、同じフィルムであっても、スキャナの走査アパーチャが $15\mu\text{m}$ の場合と $10\mu\text{m}$ とした場合、抑制範囲定数 a の値が同じでも、実際の画像密度が1.5倍、 $10\mu\text{m}$ の方の画像の画素密度が

$$s(r) = \exp(-r^2/a^2) \quad (2)$$

ここで、 r は、ノイズ抑制の広がりを中心位置からの距離である。この場合、抑制範囲定数 a は、抑制距離 r

$$a = -r / [\log(S_{a,i})]^{1/2} \quad (21)$$

あるいは、ノイズ抑制分布関数 $s(r)$ として下記式

$$s(r) = \text{rect}(r/a) \quad (3)$$

ここで、 $\text{rect}(r/a)$ は、値が1の矩形関数であり、 r は、ノイズ抑制の広がりを中心位置からの距離である。この場合、抑制範囲定数 a は、設定する抑制距離 r とする。また式(1)や式(2)において $s_{a,i} = 1$ とすることで式(3)と同一のノイズ抑制分布関数

$$s_i(x,y) = s(x,y)/S \quad (22)$$

ここで、 S は、下記式(23)によって求まる積分値である。

$$S = \int_{-rs}^{rs} \int_{-rs}^{rs} S(x,y) dx dy \quad (23)$$

図4(g)には、式(1)を用いて得られる粒状抑制分布関数 $s(x,y)$ を式(22)に従って正規化した粒状抑制分布関数 $s_i(x,y)$ の一例が示される。

【0057】次に、この正規化されたノイズ抑制分布関数 $s_i(x,y)$ とノイズデータ $G_0(x,y)$ とを用い、下記式

$$M(x,y) = \left| \int_{-rs}^{rs} \int_{-rs}^{rs} G_0(x-\xi, y-\eta) \cdot s_i(\xi, \eta) d\xi d\eta \right| \quad (24)$$

ここで算出するノイズモトル抑制分布 $M(x,y)$ は、原画像データがフィルム画像からスキャナ等で読み取られた画像データである場合、感光材料の粒子より生成される現像抑制物質の拡散分布に相当するもので、ノイズデータ G_0 の変動を感光材料の粒子の分布に見立て、原画像データ I に含まれる、感光材料中で生成される現像抑制物質の拡散分布に相当するノイズモトル抑制分布 $M(x,y)$ を求めるものである。

高くなり、粒状の粗さが変化するからである。

【0054】また、この抑制距離 r は、平滑化工程（ステップ100）における平均化のマスクサイズを大きくするとステップ108で得られるノイズデータ G_0 に含まれるノイズモトルの成分も大きくばけて広がるため、このノイズモトルの成分を抑制するために抑制距離 r を大きくする必要がある。それゆえ、平滑化工程（ステップ100）における平均化のためのマスクサイズに応じて、抑制距離 r も適宜変更するとよい。平滑化工程における平均化のためのマスクサイズは、 3×3 程度を最小マスクサイズとし、 11×11 程度を最大マスクサイズとするが、抑制範囲定数 a は、このマスクサイズより1.5倍～2倍程度大きめの値とし、例えば、マスクサイズが 3×3 の場合、抑制距離 r の値を5程度とするのが好ましい。

【0055】このようなノイズ抑制分布関数 $s(r)$ として式(2)のような関数を設定してもよい。

とその位置での値 $s_{a,i}$ を用いて下記式(21)によって求める。

(3)のような関数を設定してもよい。

$s(r)$ を得ることができる。

【0056】このようなノイズ抑制分布関数 $s(r)$ は、下記式(22)に従って、0以上1以下のノイズ抑制分布関数 $s_i(x,y)$ に正規化される。

(24)のようにノイズ抑制の及ぼす範囲において畳み込み積分を行い、ノイズモトル抑制分布 $M(x,y)$ を算出する。

【数5】

【0058】図4に示す例で説明すると、図4(f)に示されるノイズデータ G_0 と図4(g)に示されるノイズ抑制分布関数 $s_i(x,y)$ を用い、式(24)に従って算出することで、図4(h)に示されるようなノイズモトル抑制分布 $M(x,y)$ を得る。図4(h)では、図中領域Aや領域Bに示される部分でノイズモトル抑制分布の値が大きくなり、原画像データ I の領域Aや領域Bの部分では、銀塩感光材料の場合、銀塩感光材料で生成され

る現像抑制物質が溜まっている、あるいは濃度が高くなっていることを意味するものである。このようにしてノイズモトル抑制分布 $M(x, y)$ が算出される。

【0059】次に、ノイズモトル抑制成分演算工程（ステップ112）を説明する。ノイズモトル抑制成分演算

$$G_1(x, y) = G_0(x, y) \times M(x, y) \quad (25)$$

【0060】ノイズモトル抑制分布 $M(x, y)$ をノイズデータ G_0 に乗算するのは、銀塩感光材料の場合、銀塩感光材料中で生成される現像抑制物質とその銀粒子の相互作用を考慮するためである。図4に示す例では、図4

(i) にノイズ抑制成分画像データ $G_1(x, y)$ が示される。図4(f) に示されるノイズデータ G_0 と比較すると、領域Aや領域Bでは、それ以外の領域に比べ、例えば領域Cに比べ、相対的に大きな値となっていることが

$$I_1'(x, y) = I_0(x, y) - \alpha \times G_1(x, y) \quad (26)$$

ここで、ノイズ抑制係数 α は、ノイズ抑制の程度を制御する設定可能なパラメータであり、適宜設定入力される。あるいは、予めデフォルト設定値を設け、必要に応じて変更するものであってもよい。その後、画像出力装置16に適した画像データの変換を行って処理画像データ I_1' から処理画像データ I_1 を得る。

【0062】図4に示す例では、図4(j) に示すような処理画像データ I_1 を得ることができ、領域Aや領域B等のノイズモトルのほか、ノイズモトル以外のノイズ成分が除去されていることがわかる。しかも、図4

(b) に示される平滑化された画像データ I_{1v} と比較して、図4(a) の原画像データにおけるエッジ領域Eの急峻な画像データ変動が保持されている。

【0063】上記画像処理方法は、写真感光材料等における粒状成分のように、粒状成分が一定の画素領域に影響を及ぼす、すなわち、粒状成分が他の画素の粒状成分に影響を及ぼす場合、粒状抑制のための画像処理として有効であるが、また、上記画像処理方法は、他の画素のノイズ成分の影響を受けないCCDやMOS撮像素子等を利用するデジタルカメラ等においても、効果的に適用することができる。なぜなら、CCD撮像素子等で撮影された画像においても、他の画素の画像データを利用して傷欠陥補正等を行うからである。CCD撮像素子としては、特開平10-136391号に記載のハニカム配列のものにも適用される。

【0064】なお、ノイズ抑制のための画像処理方法として、特開平11-250246号公報では、画像のエッジ強度から求めた圧縮係数をノイズ成分に乗じてノイズを抑制する方法が提案されているが、ノイズ領域では一定の圧縮係数が掛かるのでノイズの振幅が比例的に圧縮される。また、ノイズの振幅が大きくなる程圧縮率が高くなる圧縮係数を採用することで、すなわち、ノイズの揺らぎの大きさ（振幅）に非線形変換を施すことで、ノイズの揺らぎを上記公報に記載される画像処理方法より均一な方向にすることもできる。しかし、本発明の画

工程では、ステップ110で演算されて算出されたノイズモトル抑制分布 $M(x, y)$ を下記式(25)で示すように、ステップ108で求めたノイズデータ G_0 に乗算することで、ノイズ抑制成分画像データ $G_1(x, y)$ を演算する。

わかる。

【0061】最後に、ノイズ抑制画像演算工程（ステップ114）について説明する。ノイズ抑制画像演算工程では、ステップ112で求めたノイズ抑制成分画像データ $G_1(x, y)$ を、下記式(26)で示すように、ノイズ抑制係数 α を用いて変倍した後、原画像データ I_0 から減算し処理画像データ I_1' を求める。

像処理方法は、上記2つの方法と全く異なり、ノイズ成分の揺らぎがノイズモトルのように集落を成すノイズ領域で、そのノイズ成分を小さくするようにノイズ抑制を施す処理であり、ノイズの揺らぎが大きい場所でより大きく抑制し、ノイズ揺らぎを均一化することができる。

【0065】本発明の画像処理方法は以上のように説明される。このような画像処理方法は、回路やハードウェアから成る上述した画像処理装置として構成してもよいし、あるいは、ソフトウェアとしてコンピュータの中で機能を発揮するようなプログラムであってもよく、この場合、上記方法を実行するためのプログラムを記録したコンピュータが読み取り可能な記録媒体、CD-ROM等として提供するものであってもよい。

【0066】このような本発明の画像処理方法を、銀塩カラー写真、例えば35mmカラーネガフィルムに撮影した写真画像に適用したところ、粒状に関し一見して判る程の顕著な改善効果を得ることができた。特に、感光材料の微粒子化による粒状の改良に匹敵する処理効果を持つため、従来の平均化や揺らぎの減少に基づく各種の粒状除去処理法の欠点であった「ぼけ粒状」的な不自然さや違和感がなくなった。

【0067】以上、本発明の画像処理方法、画像処理装置および記録媒体について詳細に説明したが、本発明は上記実施例に限定はされず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良および変更を行ってもよいのはもちろんである。

【0068】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明によれば、先ず原画像（予めシャープネス強調することによって、被写体画像とノイズの双方を鮮鋭化した画像を原画像としてもよい）から被写体輪郭とノイズ成分を抽出し、ノイズ領域におけるノイズモトル等のようなノイズ成分の大きな濃度揺らぎを抽出し選択的に除去することによってノイズ成分を抑制しているので、ノイズモトル等のような大きく粗いノイズ成分を処理画像が含むこ

23

とは少なく（濃度揺らぎが小さい）、従って、濃度揺らぎが均一化され、空間的にも細かいノイズにすることができ、視覚的にも自然なノイズの抑制を実現することができる。

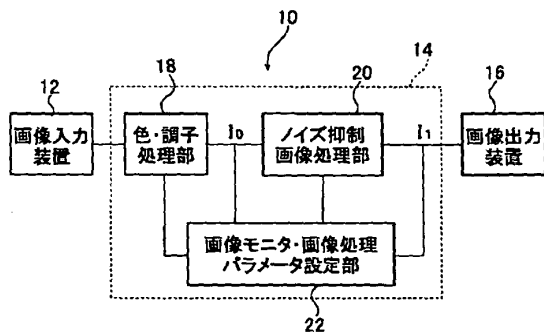
【0069】また、本発明によると、ノイズが粒状である場合、粒状は、濃淡の揺らぎの大きいものが減少するとともに、空間的な揺らぎの集落である粒状モトルが除去・抑制され、粒状パターンが微細化、均一化されるので、銀塩写真の感光材料では微粒子乳剤を用いた時に得られるような細かい粒状となり、平滑化を用いた従来法の欠点であるぼけ粒状のような視覚的な違和感や不快感の無い自然な粒状抑制効果が得られる。また、本発明の画像処理法を銀塩カラー写真感光材料に適用することにより、従来の粒状抑制処理方法の欠点であった、いわゆる「ぼけ粒状」的な不自然さや違和感がなく、粒状が改善され、極めて顕著な改善効果を得ることができ、産業上大きな効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る画像処理装置を組み込んだ、カラー写真画像を読み取り、ノイズ抑制の画像処理を行い、出力装置でカラー画像を出力するシステムの一実施例を示すブロック図である。

【図2】 本発明に係る画像処理装置の、ノイズ抑制の

【図1】



24

画像処理を行う画像処理部の一実施例を示すブロック図である。

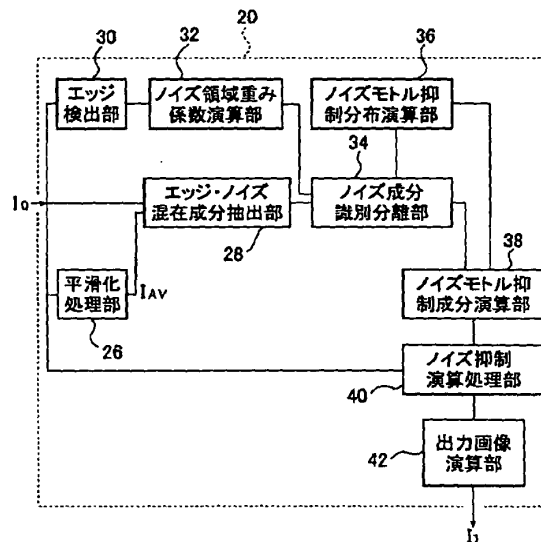
【図3】 本発明の画像処理方法の一実施例を示すブロック図である。

【図4】 (a)～(j)は、本発明の画像処理方法によって画像データが処理される一例を示す図である。

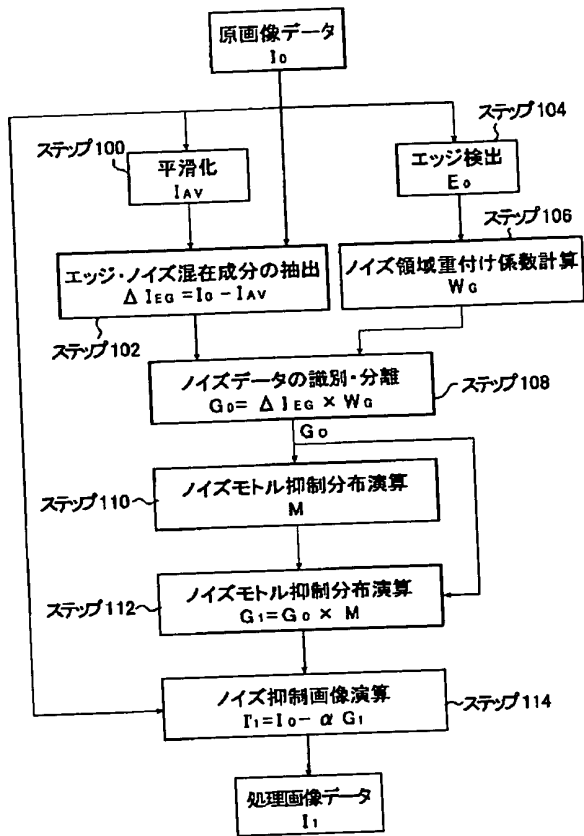
【符号の説明】

- 10 カラー画像再生システム
- 12 画像入力装置
- 14 画像処理装置
- 16 画像出力装置
- 18 色・調子処理部
- 20 ノイズ抑制画像処理部
- 22 画像モニタ・画像処理パラメータ設定部
- 26 平滑化処理部
- 28 エッジ・ノイズ混在成分抽出部
- 30 エッジ検出部
- 32 ノイズ領域重み係数演算部
- 34 ノイズ成分識別分離部
- 36 ノイズモトル抑制分布演算部
- 38 ノイズモトル抑制成分演算部
- 40 ノイズ抑制演算処理部
- 42 出力画像演算部

【図2】



【図 3】



【図 4】

